

Geometría interna del plutón granítico de Madrideojos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas

Por J. F. BERGAMIN y J. M. GONZALEZ CASADO (*)

RESUMEN

A partir del estudio gravimétrico del área de Madrideojos (Toledo), se llevan a cabo una serie de modelos tanto de la forma como del tipo de emplazamiento del cuerpo granítico existente en dicha área.

También se hacen una serie de precisiones sobre los aspectos geológicos y tectónicos de la región, así como de sus relaciones con el emplazamiento del granito.

ABSTRACT

In Madrideojos (Toledo) region, a study about the subsurface geometry and emplacement mechanism of the Madrideojos granitic outcrop has been carried out.

The localitation and subsurface study of that granitic body, have been made using geophysical methods, basically gravity. The geometry of the pluton, is related with geological features (Tectonic) on the research area.

INTRODUCCION

Dentro del proyecto de investigación de los granitos hercínicos de la Península Ibérica, desarrollado por el Departamento de Geodinámica de la U. C. M., se han investigado diversos afloramientos situados entre los Montes de Toledo y Sierra Morena (BERGAMÍN et al., 1986), como son: los de Orgaz (SANTA TERESA, 1982), Valdepeñas (BERGAMÍN y DE VICENTE, 1986), Fontanosas (BERGAMÍN, 1985), y varias alineaciones de cúpulas graníticas no aflorantes en la provincia de Ciudad Real (BERGAMÍN et al., 1985).

Dentro de este contexto se comenzó el estudio del plutón granítico de Madrideojos (BERGAMÍN y GONZÁLEZ CASADO, 1986), estableciéndose unas primeras precisiones acerca de las características geológico-estructurales del granito y su entorno, al igual que una interpretación cualitativa de las dimensiones y relaciones entre el plutón granítico y la roca caja.

En el presente trabajo se continúa la investigación de este plutón, para el que se proponen y discuten varias geometrías en profundidad, tan-

to para el propio granito como para las rocas con las que se relaciona. Todos los modelos propuestos están basados en la interpretación de los correspondientes perfiles gravimétricos, establecidos a partir del levantamiento que se llevó a término en la región.

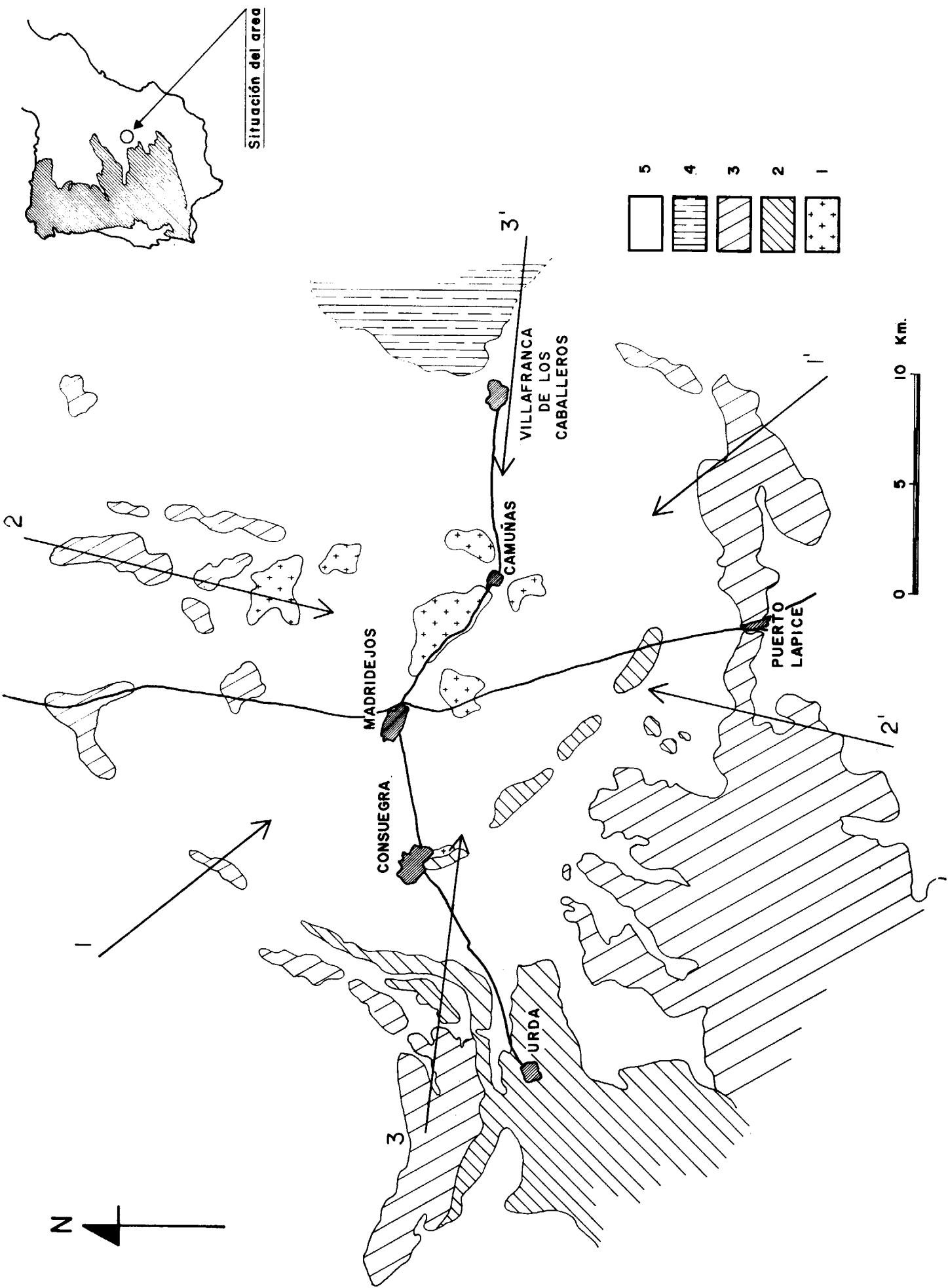
El objeto final del trabajo es el establecimiento de la estructura tridimensional del granito, basándose para ello, en la interpretación de tres modelos bidimensionales que cruzan el cuerpo granítico según diversas direcciones.

SITUACION GEOLOGICA

Se eligió este afloramiento granítico para su estudio, debido a las características alóctonas del mismo, y al relativamente alto contraste de densidades que existe entre dicho cuerpo y las rocas metasedimentarias con que se relaciona.

La forma cartográfica del plutón de Madrideojos (fig. 1), resulta imprecisa debido a los escasos afloramientos graníticos, y a los importantes y extensos recubrimientos sedimentarios de edad terciaria y cuaternaria. No obstante y a través de me-

(*) Departamento Geodinámica, U. C. Madrid.



dios de prospección geofísica (BERGAMÍN y GONZÁLEZ CASADO, 1986) es posible establecer que el afloramiento granítico tiene unas grandes dimensiones, una extensión aproximada de 170 Km² de superficie, presentando una marcada forma elíptica, cuyo eje mayor tiene una dirección Norte-Sur, mientras el eje menor es Este-Oeste.

El granito se encuentra emplazado en el extremo oriental del anticlinorio hercínico de Urda-Consuegra, estructura ésta que afecta a un conjunto de rocas epimetamórficas del Paleozoico Inferior; fundamentalmente cuarcitas y calizas, del Ordovícico y Cámbrico respectivamente.

Estructuralmente este anticlinorio de Urda-Consuegra, se origina por la interferencia entre las últimas fases de deformación hercínicas, que originan estructuras de superposición de plegamiento (JULIVERT et al., 1983), de tipo domos y cubetas [realmente intermedias entre los tipos 1 y 2 de RAMSAY (1969)]. Estos domos y cubetas tienen en toda la región, formas elipsoidales situándose sus ejes mayores y menores, con direcciones Este-Oeste y Norte-Sur respectivamente.

Estas direcciones se correlacionan notablemente con el eje máximo y mínimo del afloramiento plutónico. Por ello pensamos que puede existir una correlación entre ambas estructuras, de forma que el granito fuese afectado tardíamente durante su emplazamiento por estas últimas fases de deformación (F3 y/o F5, GONZÁLEZ CASADO, 1986). No obstante y como se indica en una nota previa sobre este afloramiento (BERGAMÍN y GONZÁLEZ CASADO, 1986) el emplazamiento fue relativamente tardío, ya que la masa granítica modifica notablemente la forma del domo de Urda, aumentando de manera notoria la extensión del afloramiento que ocupa el mismo hacia el Noreste.

Debido a los escasos afloramientos graníticos en los que se pueden realizar observaciones directas de la roca, no se han podido establecer las características estructurológicas del mismo. A pesar de ello, y como indicó MARTÍN ESCORZA (1977), existe una cierta disposición concéntrica de las estructuras visibles en foto aérea, teniendo su centro en los alrededores de la población de Camuñas (fig. 1), lo que coincide con la disposición del mínimo gravimétrico (fig. 2). Por otro lado, se observa cómo las rocas en las que se emplaza el plutón se encuentran modificadas por el mismo, definiendo una estructura en domo (fig. 6). También hay que indicar la existencia de algunos diques con dispo-

sición radial con respecto al punto indicado anteriormente.

GRAVIMETRIA

Sobre un levantamiento gravimétrico a escala 1:200.000 ya efectuado en la región (BERGAMÍN y GONZÁLEZ CASADO, 1986), basado en datos propios y en el mapa gravimétrico de la provincia de Toledo (I. G. N., 1978), se elaboró un nuevo mapa de anomalías de Bouguer, siguiendo la metodología indicada en la Norma Gravimétrica (I. G. M. E., 1982). A partir de éste y mediante la eliminación del efecto regional, que se calculó teniendo en cuenta varios factores: los valores estabilizados de anomalías de Bouguer sobre la roca caja, estudiados sobre perfiles transversales y también la tendencia existente en esta zona, que se refleja en el mapa de anomalías de Bouguer de la Península Ibérica (escala 1:1.000.000, I. G. N., 1976). Así se calculó el mapa de Anomalías Residuales de Bouguer (fig. 2), que constituye la base sobre la cual van a realizarse las interpretaciones que se efectúan en este trabajo.

Con el fin de poder realizar modelos gravimétricos es necesario por una parte determinar las densidades de las rocas existentes en la región, y por otra conocer de la forma más exacta posible la distribución en profundidad de esas mismas rocas. Las últimas consideraciones se infieren de un detallado conocimiento geológico de la región (Cortes Geológicas), y las primeras mediante un muestreo sistemático de las rocas más características existentes en ella y del cálculo experimental de las densidades de las muestras, obteniéndose una densidad media para cada tipo o unidad establecida, que es la tomada en los cálculos posteriores. Los resultados de este proceso son los siguientes:

Unidad	Número de muestras	Densidad (Mg/m³)
Plutón de Madridejos	50	2.67
Materiales del Ordovícico Inferior.	70	2.70
Materiales del Cámbrico	40	2.82
Materiales Terciarios	30	2.32

INTERPRETACION

En el mapa de anomalías residuales (fig. 2) se observa cómo existe un importante mínimo cen-

trado sobre la masa de rocas graníticas, que coincide aproximadamente con el centro del plutón, en su traza cartográfica, mientras que hacia la roca caja esta anomalía disminuye progresivamente con menor o mayor gradiente.

Para comenzar el análisis cuantitativo se trazaron varios perfiles (figs. 1, 3, 4, 5) que cruzan diametralmente el plutón según direcciones Norte-Sur, Este-Oeste y Noroeste-Sureste. Los valores así obtenidos muestran unos mínimos centrados sobre el granito de -90 U. G.

Si se comparan estos perfiles, en forma y valor de sus mínimos, con los obtenidos para otros cuerpos graníticos de esta misma región geológica y que se emplazan en rocas de similares características, cuerpos de: Orgaz [-100 U. G. (SANTA TERESA, 1982)], Valdepeñas [-160 U. G. (BERGAMÍN

y DE VICENTE, 1986)], Fontanosas [-120 U. G. (BERGAMÍN et al., 1986)], que corresponden respectivamente a masas graníticas desenraizadas (Orgaz), y enraizadas (Valdepeñas y Fontanosas), podemos plantear como primera aproximación, que el plutón no debe de alcanzar una gran profundidad, estando más próximo a la geometría que presenta el de Orgaz, que a la de los situados más al Sur. Este hecho se pone aún más de manifiesto si se comparan las relaciones existentes entre el valor de la anomalía y la extensión del afloramiento granítico.

A) Modelos bidimensionales

Sobre los tres perfiles citados anteriormente y que cruzan el afloramiento granítico diametralmente (figs. 3, 4, 5), se levantaron los cortes geológi-

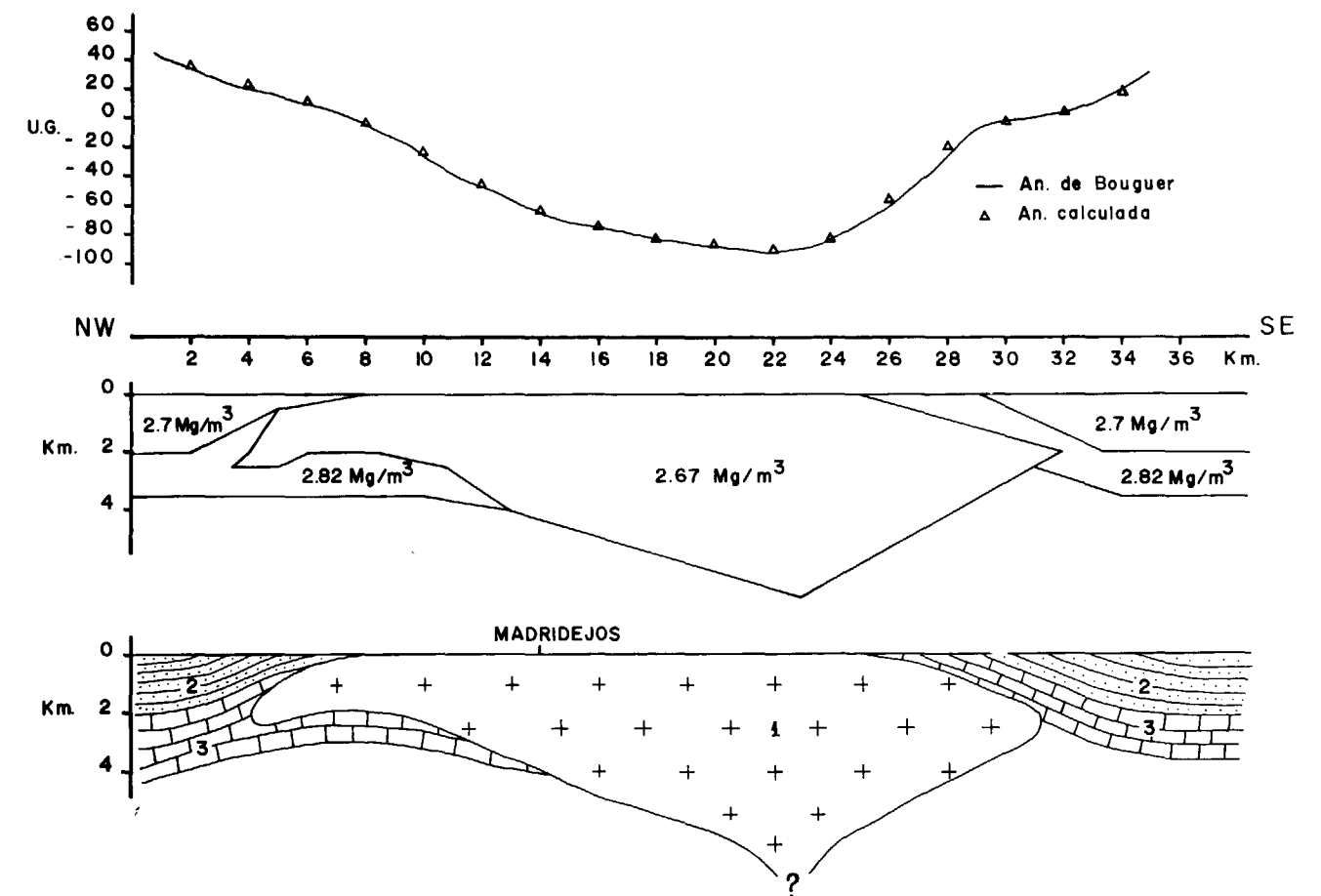
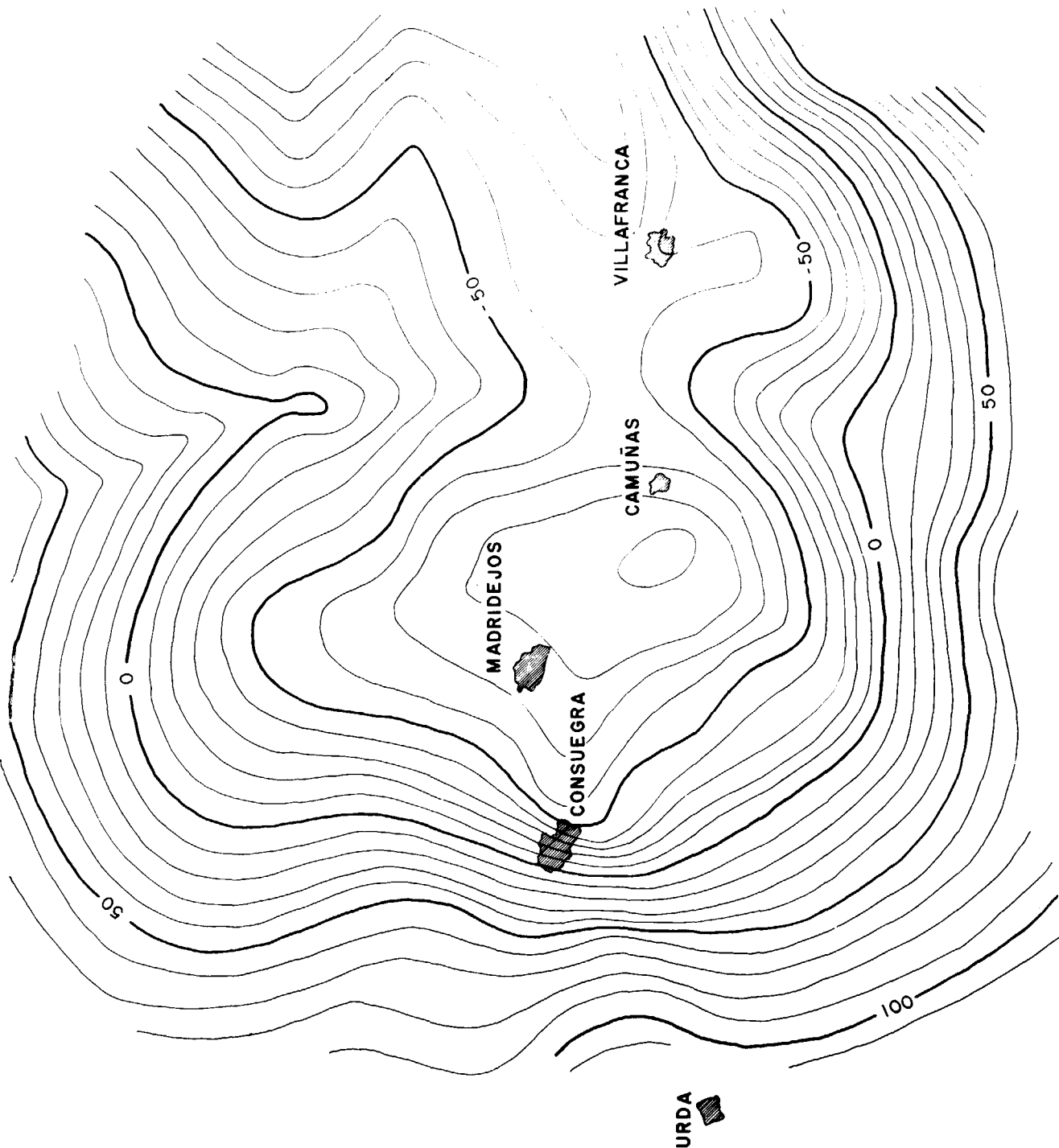


Figura 3.—Perfil I-I', Residual de Anomalías de Bouguer, y Corte Geológico interpretativo [1) Granito. 2) Ordovícico. 3) Cámbrico].



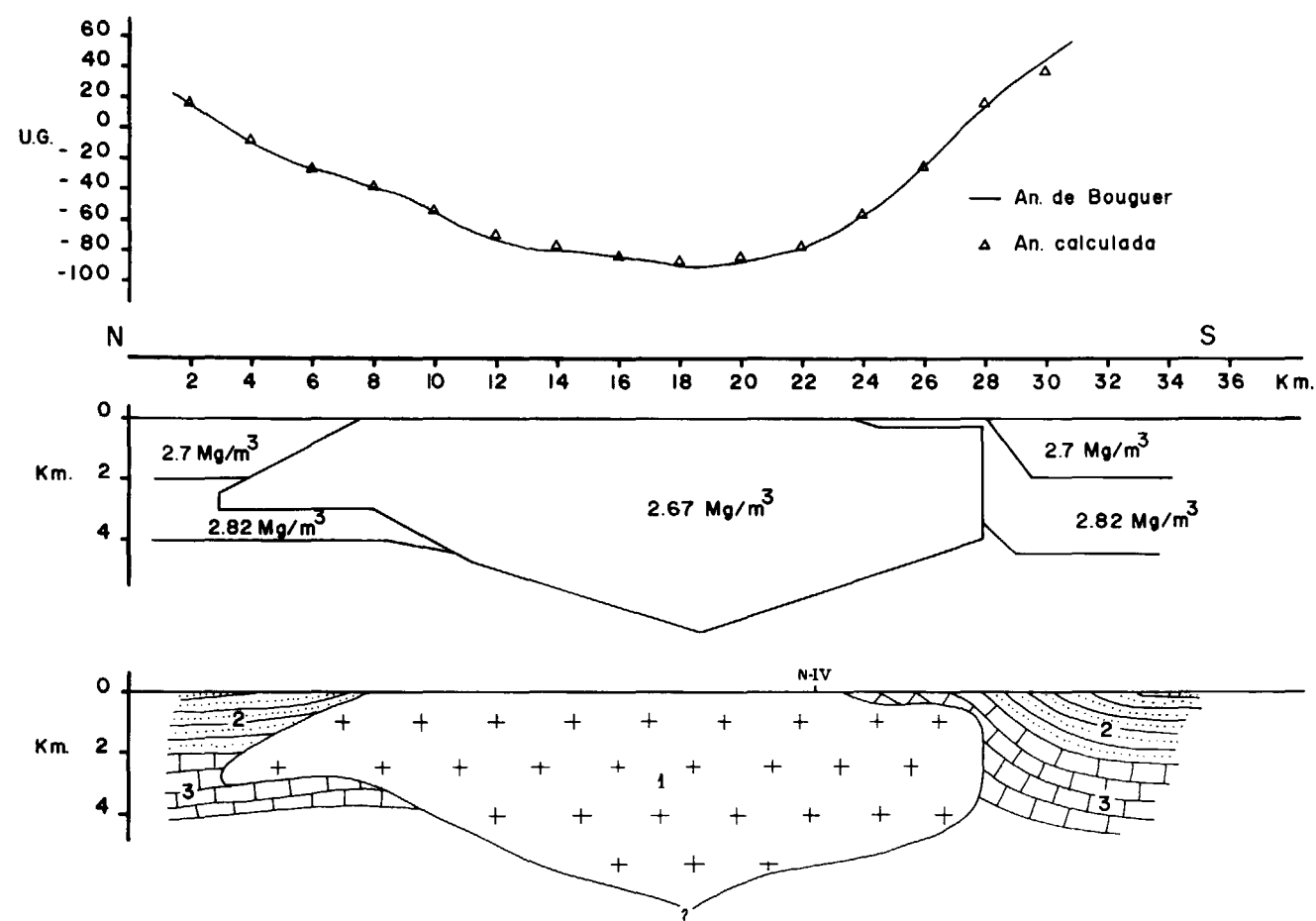


Figura 4.—Perfil II-II', Residual de Anomalías de Bouguer, y Corte Geológico interpretativo [1) Granito. 2) Ordovícico. 3) Cámbrico].

co-estructurales, a partir de los cuales se establecieron una serie de polígonos, para cada agrupación de rocas que se considera representativa desde el punto de vista geológico estructural. Cada polígono debe de caracterizarse por tener una densidad media, que corresponde con las densidades calculadas para las rocas agrupadas dentro de los mismos. Estos polígonos sirvieron de base para el ajuste de los modelos geométricos bidimensionales, mediante la utilización del algoritmo de cálculo propuesto por TALWANI (1959).

Desde un principio el cálculo de los modelos muestra ya claramente, cómo el plutón presenta una forma desenraizada, debido, como ya se indicó anteriormente, a la pequeña anomalía residual generada por el granito, comparada con la gran extensión del mismo. En todos los modelos calcu-

lados, el vértice más profundo del plutón se sitúa en torno a los 7.000 m., en su parte central.

Las formas resultantes, en todos los casos, muestran una estructura en forma de triángulo invertido, con bordes convergentes hacia el interior y con buzamientos cercanos a 45 grados. Esta estructura es la resultante después de haberse desechado los modelos con bordes paralelos o convergentes hacia la superficie, pues la forma y valores de las anomalías calculadas para los mismos, no cumplen con la anomalía real.

Una característica notable de los tres modelos obtenidos (figs. 3, 4, 5), es que en la parte superior del granito, los bordes convergen ligeramente hacia arriba, encontrándose incluso en algún caso sus límites verticales y luego paralelos a la superficie topográfica (corte de la fig. 4). Otra caracte-

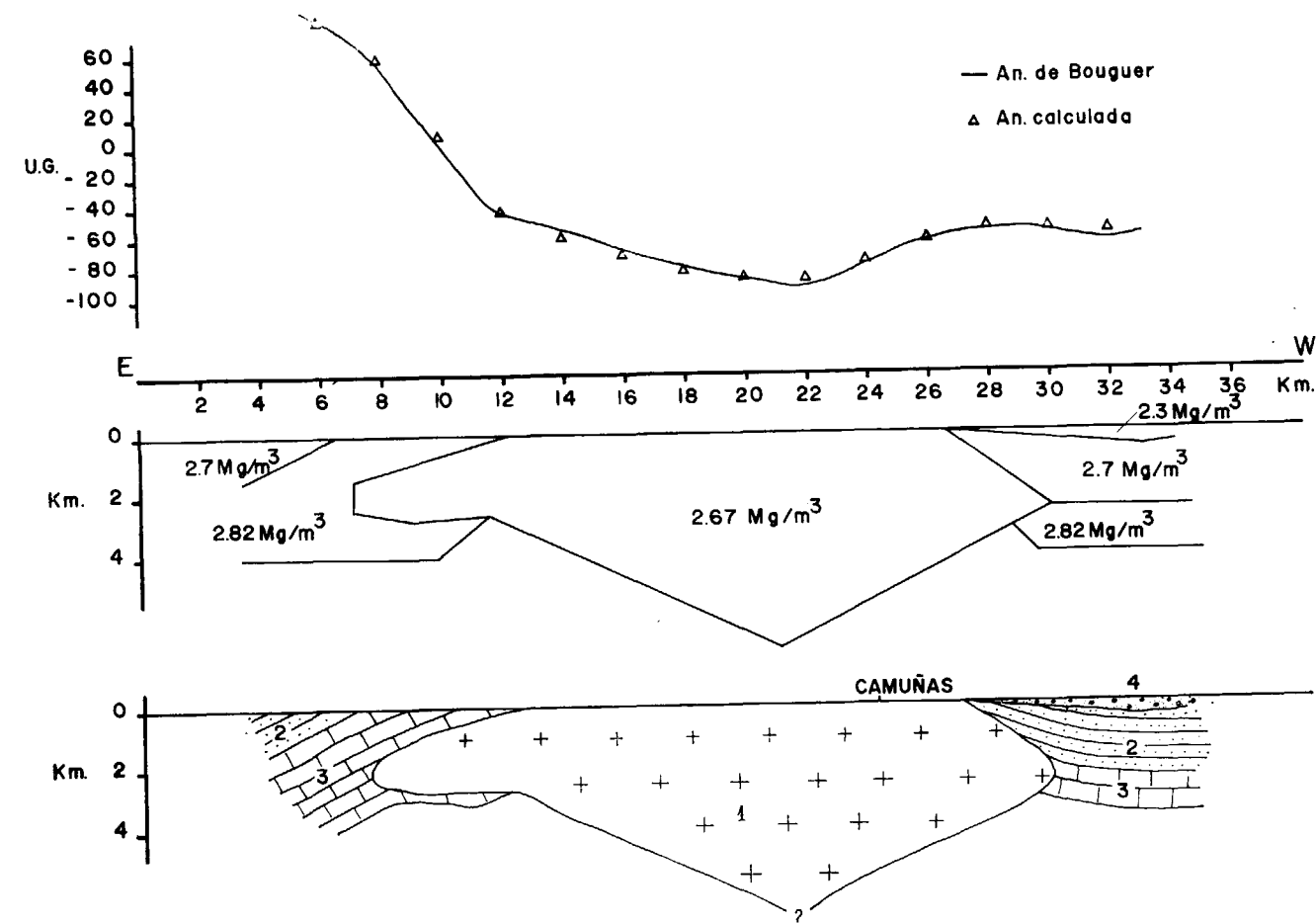


Figura 5.—Perfil III-III', Residual de Anomalías de Bouguer, y Corte Geológico interpretativo [1) Granito. 2) Ordovícico. 3) Cámbrico. 4) Terciario].

rística común a los tres modelos es la existencia de «Roof pendants», en todos los bordes del plutón, que en algunos casos (parte sur del perfil II-II') son muy acusados, llegando a encontrarse incluso series metamórficas, poco profundas (500 m.), dispuestas sobre el techo del plutón, a lo largo de tres kilómetros.

B) Modelo tridimensional

Podemos por tanto resumir los resultados obtenidos indicando que la masa granítica presenta siempre una forma de cúpula, aplanada en su parte más superficial, hasta los 2.000 m. de profundidad, mientras que hasta los 7.000 m., aproximadamente, adquiere una forma de troncocónica aplastada (fig. 6). Hay que resaltar que en los bor-

des del granito, existen en algunos casos lóbulos subhorizontales sobre los que queda una pequeña porción de material encajante, y que incluso en algunos casos estos lóbulos tienen en su base formas convexas hacia arriba.

Para la interpretación de estos modelos agrupamos el material encajante en varios polígonos, que son: una cuña de rocas sedimentarias terciarias, situada en la parte este del perfil III-III', un polígono formado fundamentalmente por rocas carbonáticas del Cámbrico, que se encuentra siempre modificado por el granito, pudiendo situarse por encima del borde, caso este en que se observa aflorar en el terreno, o bien quedar truncados o situados bajo los lóbulos del plutón, el espesor del paquete es siempre próximo a los 2.000 m. Se ha distinguido otro conjunto de rocas, prin-

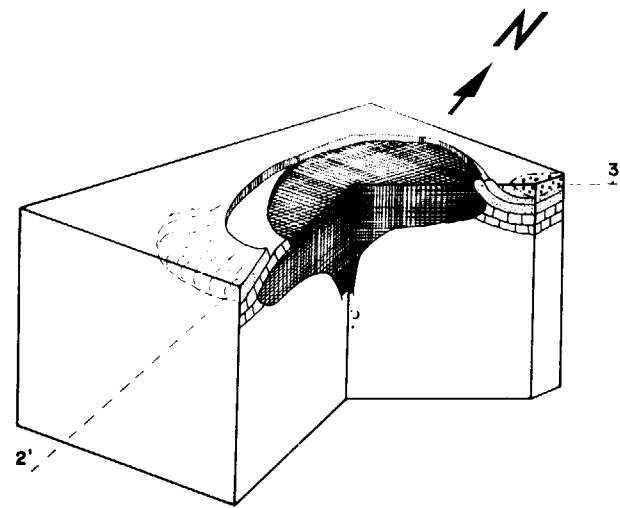


Figura 6.—Bloque Diagrama Interpretativo, según los Perfiles II-II' y III-III'.

principalmente cuarcitas de edad Ordovícica, que siempre aparecen algo verticalizadas en superficie por efecto de la intrusión granítica, el espesor del paquete en conjunto es próximo también a los 2.000 metros. Todos los valores de espesores mencionados, están referidos a los valores de los polígonos considerados, y no a la potencia estratigráfica de las series, ya que éstas, dentro de cada polígono, se encuentran lógicamente plegadas.

Los ajustes entre las anomalías calculadas y las residuales, muestran unos coeficientes de correlación de 0,86, 0,91 y 0,88 respectivamente, que se pueden considerar óptimos si tenemos en cuenta el tipo de levantamiento.

CONCLUSIONES

- El cuerpo granítico de Madridejos se encuentra desenraizado, emplazándose alóctona y discordantemente en las series Paleozoicas del Domo de Urda.
- Las dimensiones calculadas para el afloramiento superficial ocupado por el granito son de: 16 Km. según el perfil I-I', 17 Km. según el perfil II-II' y de 14 Km. según el perfil III-III'.
- Tiene una geometría de cono invertido hacia abajo, con abultados lóbulos hacia los

lados, probablemente formados por la expansión lateral al emplazarse el granito en niveles superficiales altos. Encontrándose su zona de raíces muy adelgazada y a una profundidad media de 7.000 m., en la parte central del plutón.

- Las rocas del encajante situadas en los bordes del granito, son «Roof Pendants» flotando sobre el mismo, especialmente en su borde SO.
- La forma elíptica del plutón está probablemente relacionada con las últimas fases de plegamiento hercínicas, aunque modifica notablemente las estructuras de superposición de plegamiento existentes en la región y que se produjeron durante las últimas etapas citadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BERGAMÍN, J. F.: *Interpretación geotectónica del Área del Campo de Calatrava (Ciudad Real) basada en determinaciones gravimétricas*. Tesis Doctoral, U. C. Madrid (1985).
- BERGAMÍN, J. F.; CAPOTE, R., y CARBÓ, A.: *Detección mediante gravimetría de cuerpos graníticos ocultos en la región de Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Bol. Geol. Min., XCVI-VI, 653-658 (1985).
- BERGAMÍN, J. F., y DE VICENTE, G.: *Estructura en profundidad del granito de Pozo de la Serna (Ciudad Real), en base a datos gravimétricos*. Estud. Geol., 41, 5-6 (1985).
- BERGAMÍN, J. F.; CAPOTE, R.; CARBÓ, A.; GONZÁLEZ CASADO, J. M.; SANTA TERESA, I.; DE VICENTE, G., y ZORITA, M.: *Comparative study of subsurface geometry on granitic bodies in a southern sector of the centro-iberian zone*. Trab. Geol. U. Oviedo, in press. (1986).
- BERGAMÍN, J. F., y GONZÁLEZ CASADO, J. M.: *Avance de la interpretación geotectónica del emplazamiento del plutón granítico de Madridejos (Toledo), basada en determinaciones gravimétricas*. Estud. Geol., 42, 3-4 (1986), en prensa.
- GONZÁLEZ CASADO, J. M.: *Estudio geológico de la zona de cizalla de Berzosa Honrubia (S. C. E.)*. Tesis Doctoral, U. C. Madrid (1986).
- IGME-AITEMIN: *Norma gravimétrica* (1982).
- IGN: *Mapa gravimétrico de la Península Ibérica a escala 1:1.000.000* (1976).
- IGN: *Mapa gravimétrico de la provincia de Toledo a escala 1:200.000* (1978).
- JULIVERT, M.; VEGAS, R.; ROTZ, J. M., y MARTÍNEZ RIUS, A.: *La estructura de la extensión Sureste de la zona Centro-*

Ibérica con metamorfismo de bajo grado. Libro Jubilar de J. M. Ríos, t. I, 477-490 (1983).

MARTÍN ESCORZA, C.: *Estructuras anulares en el norte de La Mancha (Meseta Central Española)*. Estud. Geol., 32, 447-457 (1977).

RAMSAY, G.: *Folding and Fracturing rocks*, Mc Graw-Hill. New York, 568 pp. (1967).

SANTA TERESA, I.: *Estudio en profundidad del granito de Orgaz, en base a datos gravimétricos*. Tesis L., U. C. Madrid.

TALWANI, M.; WORZEL, J. L., y LANDISMAN, M.: *Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone*. J. Geophys. Res., 64:49-59 (1959).

Recibido: Noviembre 1986.